

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
 MINISTÈRE
 DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE
 SERVICE
 de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

BREVET D'INVENTION

Gr. 12. — Cl. 5.

N° 1.137.505

Classification internationale :

H 02 k

Perfectionnements à la construction des machines électriques.

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON résidant en France (Seine).



Demandé le 19 août 1955, à 16^h 3^m, à Paris.

Délivré le 14 janvier 1957. — Publié le 29 mai 1957.

(Demande de brevet déposée aux États-Unis d'Amérique le 31 août 1954,
 aux noms de MM. Hyman RUDOFF et Thomas Joseph JORDAN.)

La présente invention a pour objet la construction perfectionnée des machines électriques et réalise une amélioration de leurs caractéristiques et de leur utilité.

Les rotors et les stators de machines électriques exigent, dans leurs méthodes de construction conventionnelles, un montage approprié et un isolement et une protection de leurs enroulements, entraînant des frais et des travaux considérables. Un rotor ou induit comporte normalement un corps magnétique, constitué dans la plupart des cas, par des tôles laminées, monté sur un arbre et pourvu d'un certain nombre d'encoches logeant les conducteurs ou les fils électriques, lesquels, dans le cas où la machine comprend un collecteur, sont connectés à ce dernier de toute façon connue, conventionnelle. Les encoches logeant l'enroulement sont, de manière générale, isolées et comportent des clavettes ou des pièces analogues, en matière isolante qui y sont insérées pour maintenir en place ledit enroulement. Selon une autre pratique courante, on prévoit des fils ou des rubans formant des frettes de fixation autour des têtes d'enroulements ou de bobines dépassant les extrémités du corps magnétique et maintenues ainsi en place au cours de la rotation. Lorsque le rotor est achevé, sa partie portant les enroulements est, de nouveau, isolée. Une des méthodes d'isolement très répandues consiste à immerger la pièce dans une résine ou un vernis liquides qui forment une couche de revêtement autour des conducteurs de l'enroulement après la période de prise.

Une autre méthode d'isolement des éléments rotatifs de telles machines consiste à mouler les éléments entiers ou les pièces qui les composent dans une résine qui est, ensuite, solidifiée. Cette méthode avait pour but d'éviter la nécessité de fixer les enroulements dans leurs encoches au moyen de clavettes.

La présente invention a pour objet de réaliser certains perfectionnements dans la construction des

organes tournants des machines électriques, rendant ces organes, dans leur ensemble composite, plus robustes, pour affronter une marche satisfaisante à vitesses élevées, sans l'emploi des clavettes de fixation des enroulements, et pour obtenir des caractéristiques améliorées en ce qui concerne l'évacuation de la chaleur et la résistance à la chaleur. L'invention a encore pour objet de réaliser une construction simple et robuste se prêtant à une fabrication économique en série.

En bref, la présente invention, en ce qui concerne son application aux parties tournantes de machines électriques, comprend la fabrication habituelle des corps magnétiques montés sur des arbres, avec des collecteurs si on le désire, la mise en place, lâchement, des conducteurs de l'enroulement dans les encoches du corps magnétique sans moyens spéciaux de leur maintien en place, et le recouvrement de l'ensemble avec la résine polyester chargée des fibres de verre et de matière telle que mica, silice et alumine en état divisé. On réalise ainsi un induit, ou un organe analogue, simple, doué de caractéristiques de transmission et d'évacuation de chaleur améliorées et plus résistant, physiquement, à la chaleur et aux forces auxquelles il se trouve soumis au cours de son emploi. De manière analogue, on obtient, lorsque le processus de fabrication, conforme à l'invention, est appliqué aux stators ou aux bobines de champ, des ensembles ayant les caractéristiques améliorées analogues.

L'invention, ses objets et ses avantages, seront mieux compris à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent et dont :

La figure 1 illustre les moyens de réalisation de l'objet de l'invention, et

La figure 2 représente une vue en coupe transversale d'un induit achevé.

La figure 1 représente une vue en coupe d'un induit 1 placé dans un moule pour subir un traite-

[1.137.505]

— 2 —

ment conforme à l'invention. Ledit induit 1 comprend un corps magnétique 3 habituel en tôles laminées avec un certain nombre d'encoches 4 propres à recevoir un enroulement 5 composé des conducteurs ou fils recouverts d'une couche de vernis ou de résine isolante, non représentée. Comme le montre la figure 2, des isolants d'encoches 6 sont employés pour isoler l'enroulement 5 et le séparer du corps 3 qui est enserré entre deux flasques isolants d'extrémité 7 et monté sur un arbre 8. Bien que l'enroulement 5 représenté sur les figures 1 et 2, se compose d'un grand nombre de conducteurs, il est clair qu'un tel enroulement, en particulier pour les machines plus puissantes, peut être formé, de manière connue, par un nombre plus petit de conducteurs ou même par un seul conducteur, de diamètres plus grands et isolés individuellement. Il y a lieu de noter encore qu'aucun moyen particulier autre que celui d'exercer une tension normale sur les conducteurs de l'enroulement 5 pour les maintenir bien en place dans les encoches, n'est employé au cours de leur disposition autour des extrémités du corps magnétique.

Dans le cas où la machine comporte un collecteur 9, il est de construction conventionnelle, et est, par exemple, composé de segments métalliques 10, rangés axialement pour former une surface cylindrique collectrice de courant et séparés par des bandes isolantes non représentées. L'ensemble des segments ainsi disposés est monté sur un moyen isolant 11. Des paires de conducteurs de l'enroulement 5 sont fixées, de toute manière appropriée aux segments 10 correspondants et peuvent être supportées par un disque isolant 13.

Le moule 2, dont la moitié 2a seulement est représentée, peut être réalisé de toute façon appropriée connue des hommes de l'art. Selon une réalisation satisfaisante, représentée à la figure 1, le moule se compose de deux parties similaires accouplées, la vue en élévation latérale de l'une de ces parties 2 étant représentée avec une cavité de moulage 14, recevant une moitié de l'arbre, du corps et du collecteur, la surface de la cavité du moule enveloppant de près les surfaces périphériques du collecteur et du corps magnétique avec des espaces vides laissés autour des têtes d'enroulement aux extrémités du corps et entre le collecteur 9 et le corps 3. Un orifice 15 est prévu dans le moule, dans ce cas particulier suivant la ligne de partage du moule, servant à l'introduction dans la cavité 14 de la composition résineuse.

Lorsque l'induit 1 est mis en place dans la partie 2 du moule et lorsque l'autre partie, non représentée, est posée sur la première et fixée pour enfermer complètement l'induit 1, la composition résineuse therm durcissable est introduite par l'orifice 15, de préférence par la méthode connue sous le nom de montage de transfert, bien que toute autre

méthode connue puisse être employée. Selon la présente méthode, la matière à mouler est chauffée sous pression et est introduite sous cette pression, à travers l'orifice 15, dans le moule fermé. La matière résineuse 16 qui remplit le moule et tous les espaces laissés vides autour et dans l'induit est retenue dans le moule jusqu'à la prise ou la solidification. La pression est, de préférence, maintenue au cours du processus de la prise. La matière vient, sous l'effet de la pression, en contacts physique et thermique intimes avec toutes les parties de l'induit, remplissant tous les interstices et vides et forme une surface extérieure autour de l'induit, lisse et conforme à la surface de la cavité du moule. Il est bien entendu que la configuration du moule peut être adaptée à toutes formes particulières désirées. A titre d'exemple, la matière résineuse peut être montée tout autour du collecteur entier pour être ensuite enlevée afin que seule soit dégagée la périphérie extérieure des segments 10 du collecteur.

La composition résineuse choisie pour réaliser la construction perfectionnée, conforme à l'invention, est constituée, de préférence, par une résine polyester therm durcissable qui est chargée de, ou à laquelle on ajoute, des fibres de verre et des matières telles que mica, silice et alumine. Toutes résines polyesters peuvent être employées; elles sont connues des spécialistes et sont préparées, par exemple, par réaction des acides polycarboxyliques saturés ou non, des acides monocarboxyliques non saturés ou de leurs dérivés avec des alcools non saturés ou des acides hydroxy substitués. Acide et anhydride phthaliques, acides ou anhydrides maléiques et acide biglycolique, sont typiques des constituants acides qui peuvent être employés. Alcools allylique et éthylène glycol sont typiques parmi les alcools que l'on peut employer. Acétates de styrène et de vinyl et autres matières similaires sont parfois additionnés pour fournir des caractéristiques différentes, désirées.

Les mélanges de résine polyester que l'on a trouvés satisfaisants, comprennent pondéralement de 20 à 90 parts de résine polyester, de 2 à 70 parts de fibres de verre et de 5 à 70 parts de mica, silice ou alumine en état divisé séparément ou en mélange. La gamme des proportions pondérales préférées des composants d'un mélange, dont on obtient un optimum de caractéristiques désirées, est de 40 à 75 parts de résine, de 2 à 50 parts de fibres de verre et de 5 à 50 parts de fibres divisées de mica, de silice ou d'alumine.

Les pourcentages spécifiques d'un mélange, qui procure les meilleures caractéristiques à une pièce traitée conformément à l'invention, représentent, pondéralement, 60 % environ de résine polyester, 4 % environ de fibres de verre et 36 % environ de fibres divisées de mica, de silice ou d'alumine.

Un catalyseur est additionné à la résine pour

l'activer ou pour favoriser sa prise. On peut en additionner des quantités variables par exemple de 0,125 % à 5 % environ pondéralement par rapport à la résine, mais, de préférence, on emploie la proportion de 0,125 % à 2 % environ. On peut encore faciliter la prise en employant un accélérateur dans une proportion pondérale pouvant atteindre 2 % par rapport à la résine.

Les catalyseurs employés pour les résines peroxydes sont bien connus et habituellement du type peroxyde. Les peroxydes de lauryl et de benzoyle et les hydroperoxydes de t-butyle, représentent les catalyseurs typiques. Dans certains cas, le peroxyde est allié aux autres matières, par exemple, en proportions égales, au tricrésyle phosphate. L'accélérateur, qui comme on le désire peut ou non être employé, est du type à cobalt tel par exemple que le naphthénate de cobalt.

Pour les induits de dimensions plus faibles, de l'ordre de 25 mm de diamètre, des fibres de verre font partie du mélange, de préférence, ne dépassant pas une longueur maximum moyenne de 12,5 mm. Au cours du malaxage, les fibres se trouvent réduites à une longueur moyenne de 0,8 mm environ, ce qui assure des qualités de solidité désirées au produit de moulage final tout en ne gênant pas, en même temps, l'écoulement de la résine à travers la totalité de l'élément à traiter. Pour des pièces de plus grandes dimensions ou pour celles qui n'ont que peu d'interstices ou d'espaces partiellement fermés, il est indiqué et utile d'employer des fibres de verre de plus grande longueur.

On a constaté que les mica, silice et alumine, en état divisé, constituent les agents de charge les plus avantageux à associer aux fibres de verre pour améliorer la transmission de chaleur et pour accroître la robustesse des pièces traitées conformément à l'invention. On a constaté également, que pour de telles matières de charge, pouvant être employées séparément ou en mélange, les dimensions de 100 à 300 mailles sont satisfaisantes. La grandeur préférée est de 200 mailles.

Pour préparer le mélange de moulage, la résine, comprenant un catalyseur et, éventuellement, un accélérateur, la charge telle que mica, silice et alumine et les fibres de verre, sont placés dans un malaxeur tel, par exemple, qu'un pétrin à pâte ordinaire. Pour faciliter le démoulage des pièces moulées après l'achèvement de la prise, on ajoute, de préférence, un agent de démoulage tel, par exemple, que la cire de carnaube, la cire d'abeilles ou tout autre agent approprié se prêtant à un tel emploi, dans une proportion pondérale de 2 % environ par rapport à la résine. Une chemise de refroidissement est employée pour maintenir la température de malaxage dans une marge de 20 °C à 0 °C environ. Toute température en dessous de 20 °C environ est avantageuse puisqu'une telle tem-

pérature interdit toute prise du mélange. Les ingrédients sont mélangés aussi longtemps qu'il est nécessaire pour obtenir une masse homogène ayant la consistance du mastic. Il faut environ trente minutes pour arriver à un tel résultat.

Le mélange de moulage final est introduit par force dans le moule où se fait sa prise, de préférence par la méthode bien connue de moulage par transfert, simple et rapide. Selon cette méthode, le mélange de moulage est chauffé sous pression et introduit par force dans le moule où sa prise s'effectue par la chaleur, de préférence sous pression. On peut employer, pendant le moulage, les températures de 80 °C à 150 °C et les pressions de 10,5 à 17,5 kg/cm² en fonction de la température. La température et la pression préférées sont respectivement 105 °C et 14 kg/cm² environ, sous ces conditions la prise se trouve achevée en deux minutes environ et la pièce peut être enlevée du moule. Avec des températures plus faibles, la durée sera plus longue et elle s'abrège avec des températures plus élevées. La pression appliquée pendant le processus de la prise ou du durcissement sert à maintenir le mélange en contact intime avec tous les éléments de la pièce traitée.

Au moyen de la pression, employée pour forcer le mélange dans le moule et exercée pendant la prise ou le durcissement, le mélange pénètre toutes les parties de l'induit remplissant tous les interstices et vides et prenant un contact intime physique et thermique avec la structure entière. Aucune déformation des pièces traitées n'a lieu sous l'effet de ces pressions.

Les induits et autres éléments de machines électriques, traitées conformément à la présente invention, sont caractérisés par la simplicité de leurs structures, dans lesquelles le fretage, les clavettes et autres moyens de fixation d'enroulements sont éliminés. L'économie obtenue dans les matériaux, le nombre de pièces et la main d'œuvre est substantielle.

Des pièces ainsi moulées améliorent, également, beaucoup leurs qualités de transmission de chaleur. A titre d'exemple, un induit moulé conformément à la présente invention a été comparé à un autre qui a été immergé, de la manière habituelle, dans un vernis à base de phénol. Dans des conditions exactement similaires de démarrage des opérations à une température initiale de l'induit de 28 °C et après une durée de quinze minutes sous la charge de 90 watts, les induits enrobés par immersion dans le vernis atteignent une température moyenne de 120 °C environ, tandis que les induits construits conformément à la présente invention n'accusent qu'une température finale moyenne de 95 °C environ, donc une différence de 25 °C.

Lorsque les induits standard et les induits réalisés selon cette invention ont été placés dans les

[1.137.505]

châssis à ailette d'aération de leurs moteurs respectifs et mis en marche sous une charge de 90 watts jusqu'à une stabilisation de la température, la température de l'air à l'intérieur du châssis aéré du moteur standard était de 35 °C environ, tandis que celle de l'induit perfectionné n'était que de 30 °C environ. L'air refoulé par les orifices d'aération pour les moteurs standard était de 75 °C environ, tandis que pour les induits perfectionnés, il n'était que de 60 °C environ. La température des enroulements de champ pour les moteurs perfectionnés était inférieure de 6 °C environ.

L'invention procure non seulement un perfectionnement par rapport aux pièces des machines électriques traitées par immersion, mais elle représente un perfectionnement des mélanges à base de résine par rapport à ceux qui comportent des charges telles que, par exemple, du talc. Lorsqu'on substitue ce dernier aux mica, alumine ou silice dans les mélanges conformes à l'invention, les avantages recherchés sont considérablement réduits. Lorsque le talc a été, par exemple, employé à la place d'autres matières, un petit induit d'un moteur tournant deux minutes à 30 000 t/mn révélait des craquelures, tandis que l'induit perfectionné n'en révélait aucune dans les mêmes conditions. Lorsqu'un induit perfectionné conforme à l'invention marchait pendant deux cent trente-cinq heures à une vitesse dépassant 22 000 t/mn, il n'y avait aucune craquelure. Au cours d'une marche sous 90 watts à la vitesse de 15 000 t/mn pendant quinze minutes, l'induit moulé avec un mélange comprenant les fibres de verre et le talc accusait la température de 115 °C environ, de beaucoup moins bonne que les 95 °C environ d'un induit perfectionné conforme à l'invention et très légèrement meilleure que la température de 120 °C environ d'un induit standard isolé par immersion.

L'induit perfectionné a été cycliquement et plusieurs fois de suite soumis à l'essai de — 18 °C à + 57 °C sans tomber en panne et sans craquelures. Un moteur muni d'un tel induit a été délibérément surchauffé, jusqu'à la fusion de la soude employée dans la structure du moteur, à environ 250 °C. Même dans de telles conditions, le mélange de moulage est seulement devenu légè-

ment plus foncé et n'accusait que des craquelures fines comme un cheveu.

On voit ainsi que l'invention a réalisé un élément de machine nouveau et perfectionné, simple dans sa structure et dans sa fabrication, éliminant les moyens conventionnels de fixation des enroulements, améliorant les propriétés de transmission de chaleur de l'induit et, par conséquent, augmentant sa durée et ses possibilités de travail aux températures élevées. La robustesse de l'induit et sa résistance à la force centrifuge ont été, également, considérablement améliorées.

Bien qu'il a été spécifié que l'invention simplifie la construction des éléments de machines électriques tels, par exemple, que l'induit en éliminant des pièces de fixation telles que les cales d'encoches, il est néanmoins clair que de telles cales ou autres pièces de fixation conventionnelles peuvent être à la rigueur employées si on le désire, les avantages qu'apporte l'invention étant toujours tangibles.

RÉSUMÉ

L'invention a pour objet une méthode de fabrication perfectionnée des éléments de machines électriques. Dans son application particulière à la fabrication des parties tournantes de machines électriques, les conducteurs constituant l'enroulement de ces parties tournantes sont logés lâchement dans les encoches du corps magnétique, sans moyens spéciaux de fixation. L'ensemble du rotor placé dans un moule est rempli, à chaud et sous pression, dans tous ses interstices et espaces vides, d'un mélange de résine polyester, de fibres de verre, de matériaux de charge, tels que mica, alumine et silice séparément ou en mélange, d'un catalyseur et d'une cire appropriée facilitant le démoulage. Après la prise, le rotor fini, enlevé du moule, offre des caractéristiques améliorées comme par exemple une meilleure transmission et évacuation de chaleur, une résistance aux températures élevées, résistance mécanique meilleure: sa fabrication est simple, rapide et économique.

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON,
boulevard Haussmann, 173. Paris (VIII^e).

